

CLIPPEDIMAGE= JP02001157472A

PAT-NO: JP02001157472A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001157472 A

TITLE: PIEZOELECTRIC ACTUATOR DRIVING CIRCUIT

PUBN-DATE: June 8, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MORITSUGU, MICHIIYASU

N/A

FUKAGAWA, YASUHIRO

N/A

ITO, TOSHIHIKO

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON SOKEN INC

N/A

DENSO CORP

N/A

APPL-NO: JP11333940

APPL-DATE: November 25, 1999

INT-CL (IPC): H02N002/00;F02M051/00 ;F02M051/06 ;H01L041/09
;F04B009/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To conduct switching operation of a switch provided at a line of a circuit for charging or discharging a piezoelectric actuator.

SOLUTION: A capacitor interruptible from or connectible to a DC power source 21 by switches 22, 4 is provided and charged by a predetermined amount of charge for charging the piezoelectric actuator 11. When the actuator is charged, charging switches 52c, 531c are turned on, to close a charging circuit 5c of a resonance circuit of a series connection of the capacitor 3, an inductor 51,

and the actuator 11. The actuator 11 is charged by a resonance operation. When the actuator is discharged, a discharge switch 4 is closed, a discharge circuit 5d of a resonance circuit of a series connection of the actuator 11, the inductor 51 and the capacitor 3 is closed, and the charge is recovered to the capacitor 3.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to a piezo actuator drive circuit.

[0002]

[Description of the Prior Art] A piezo actuator is an actuator which the layered product of a piezo electric crystal expands and contracts by piezoelectricity effect, for example, is arranged in the injector as an object for the change of valve opening of the injector for fuel injection and valve closing in the common rail formula fuel injection equipment of a diesel power plant. A piezo actuator is a capacitive load and an extension state and a reduction state are changed by the charge and electric discharge.

[0003] Drawing 7 shows an example of the drive circuit of a piezo actuator, if the piezo actuator 901 turns on the charge switch 904, from DC power supply 902, the piezo actuator 901 will charge through the current-limiting element 903, it will be elongated, and an extension state will be held if the charge switch 904 is turned off. On the other hand, if the electric discharge switch 905 is turned on from the state, the piezo actuator 901 will discharge and will be reduced.

[0004] That with which collects the charges of the piezo actuator 901 and next charge was presented is indicated by JP,10-308542,A. The composition of this circuit is shown in drawing 8. In this circuit, a buffer capacitor 906 is formed in the latter part of DC power supply 902, and diode 907,908 is connected to the charge switch 904 and the electric discharge switch 905 at parallel, respectively. Diode 907,908 is connected in the direction of a reverse bias to capacitor 902 voltage. Moreover, the current-limiting element 909 consists of coils which are inductors.

[0005] Charge of the piezo actuator 901 repeats turning on and off for the charge switch 904 in the shape of a pulse. By the electromagnetic energy accumulated in the coil 909 at the time of ON, the piezo actuator 901 is charged by the circuit formed by the coil 909, the piezo actuator 901, and diode 907 at the time of OFF, and piezo actuator 901 voltage rises.

[0006] On the other hand, electric discharge of the piezo actuator 901 repeats turning on and off for the electric discharge switch 905 in the shape of a pulse contrary to the time of charge. The energy held by the circuit closed with the piezo actuator 901, a coil 909, and the electric discharge switch 905 at the time of ON at the piezo actuator 901 is transformed into the electromagnetic energy of a coil 909, and it is collected by the buffer capacitor 906 by the circuit formed by the piezo actuator 901, the coil 909, and diode 908 at the time of OFF.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, it is necessary to constitute a charge switch and an electric discharge switch possible [a switching operation], and the circuit for switch control is complicated in a circuit given [above-mentioned] in JP,10-308542,A at the time of the charge and discharge of a piezo actuator. Moreover, since there is a switching loss, recovery efficiency is not necessarily good.

[0008] this invention was made in view of the above-mentioned actual condition, its switching operation of a switch is unnecessary at the time of the charge and discharge of a piezo actuator, and it aims at moreover offering a piezo actuator drive circuit with sufficient recovery efficiency.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The capacitor which stores electricity a piezo actuator drive circuit by

DC power supply in invention according to claim 1, The accumulation-of-electricity control switch which intercepts between DC power supply and capacitors after the completion of accumulation of electricity while connecting between DC power supply and capacitors in advance of charge of the above-mentioned piezo actuator and making a capacitor store electricity for piezo actuator charge, The charging circuit which forms LC resonance circuit to which it has the inductor interposed between the capacitor and the piezo actuator, and the capacitor, the inductor, and the piezo actuator were connected in series, The electric discharge circuit which forms LC resonance circuit to which it has the inductor interposed between the capacitor and the piezo actuator, and the capacitor, the inductor, and the piezo actuator were connected in series, The charge switch which is formed in the track of the above-mentioned charging circuit, and changes closing and Kaisei of the above-mentioned charging circuit, and the electric discharge switch which is formed in the track of the above-mentioned electric discharge circuit, and changes closing and Kaisei of the above-mentioned electric discharge circuit are made to provide.

[0010] During charge of a piezo actuator, and electric discharge, between DC power supply and capacitors is intercepted, a charging circuit is closed at the time of charge, and an electric discharge circuit is closed at the time of electric discharge. Since a charging circuit and an electric discharge circuit form LC resonance circuit containing the capacitor and the piezo actuator here, charge of a piezo actuator and electric discharge can be performed at a stretch efficiently, without switching a charge switch and an electric discharge switch.

[0011] In invention according to claim 2, the electrostatic capacity of the above-mentioned capacitor is set up smaller than the electrostatic capacity of the above-mentioned piezo actuator.

[0012] If the resonance vibration in a charging circuit shall carry out freely by considering as this setup, a capacitor can take negative voltage. Therefore, the total amount of accumulation of electricity of a capacitor can be made to move to a piezo actuator.

[0013] When the amount of charges of the above-mentioned capacitor is set to 0, the charge means for stopping which make charge of the above-mentioned piezo actuator suspend are made to provide in the composition of invention of a claim 2 in invention according to claim 3.

[0014] Since charge of a piezo actuator will stop if the amount of charges of a capacitor is set to 0, it can carry out easily by setting up the amount of accumulation of electricity of the capacitor according control of the charge of a piezo actuator to the above-mentioned DC power supply. For example, it is correctly controllable by capacitor voltage.

[0015] In the composition of invention of a claim 3, the 1st diode which the above-mentioned charge means for stopping are connected to the above-mentioned capacitor at reverse parallel, and forbids the negative voltage of the above-mentioned capacitor, and the 2nd diode formed so that the charging current of the above-mentioned piezo actuator might serve as the forward direction on the track of the above-mentioned charging circuit constitute from invention according to claim 4.

[0016] The negative pressure of capacitor voltage is prevented by the 1st diode at the time of charge of a piezo actuator, if a capacitor becomes empty since the current which flows backwards from a piezo actuator to a capacitor with the 2nd diode was forbidden when capacitor voltage is set to 0 namely, charge of a piezo actuator will stop automatically and the state will be held.

[0017] In invention according to claim 5, in the composition of a claim 1 or invention of four, diode is formed so that the discharge current of the above-mentioned piezo actuator may serve as the forward direction on the track of the above-mentioned electric discharge circuit.

[0018] It can avoid without depending on the Kaisei operation of that a piezo actuator charges again and develops of an electric discharge switch, since the current which flows backwards from a capacitor to a piezo actuator with diode at the time of electric discharge of a piezo actuator is forbidden.

[0019] In invention according to claim 6, the above-mentioned inductor which forms the above-mentioned charging circuit, and the above-mentioned inductor which forms an electric discharge circuit consider as common composition in the composition of a claim 1 or invention of five.

[0020] The number of parts can be reduced by making an inductor common.

[0021] In invention according to claim 7, the above-mentioned inductor which forms the above-mentioned charging circuit, and the above-mentioned inductor which forms an electric discharge circuit consider as the composition of another object in the composition of a claim 1 or invention of five.

[0022] Since the inductance of an inductor specifies the size of the charging current in a charging circuit and an electric discharge circuit, and the discharge current, charge speed and electric discharge speed can be set up independently.

[0023] In invention according to claim 8, the electrostatic capacity of the above-mentioned capacitor is set up in the composition of a claim 6 or invention of seven smaller than the electrostatic capacity of the above-mentioned piezo actuator. And the residual charge electric discharge switch which changes closing and Kaisei of the circuit which bypasses the above-mentioned capacitor through the above-mentioned piezo actuator and the above-mentioned inductor is made to provide.

[0024] The electrostatic capacity of a capacitor and a piezo actuator is set up like the above, and it becomes movable to a piezo actuator about the total amount of accumulation of electricity of a capacitor. And if the charge which remains in a piezo actuator at the time of piezo actuator electric discharge moves to the inductor of an electric discharge circuit and subsequently carries out Kaisei by closing the circuit which bypasses the above-mentioned capacitor, they are collected by the capacitor in an instant and can raise recovery efficiency further.

[0025] In the composition of a claim 1 or invention of five, the above-mentioned inductor which forms the above-mentioned electric discharge circuit constitutes the inductor which constitutes the above-mentioned charging circuit by the transformer used as a secondary coil from invention according to claim 9.

[0026] At the time of electric discharge, since a capacitor and a piezo actuator join together through a transformer, recovery to a capacitor can be performed, without a residual charge arising in a piezo actuator.

[0027] In invention according to claim 10, a current-limiting element is prepared in series between the above-mentioned DC power supply and the above-mentioned capacitor in the composition of a claim 1 or invention of nine at a capacitor.

[0028] Since the current from DC power supply to a capacitor is restricted in case accumulation of electricity for a piezo actuator drive is performed to a capacitor, degradation of accumulation-of-electricity control switches etc. can be prevented.

[0029]

[Embodiments of the Invention] (The 1st operation gestalt) The composition of the piezo actuator drive circuit of this invention is shown in drawing 1. This piezo actuator drive circuit drives four piezo actuators 11, 12, 13, and 14, and shows what was used for the above-mentioned common rail formula fuel injection equipment of a 4-cylinder diesel power plant.

[0030] This piezo actuator drive circuit is equipped with the DC-power-supply 21 grade which supplies electric power to the capacitor 3 holding the electrical energy for 11 to piezo actuator 14 drive, and a capacitor 3. DC power supply 21 consist of a battery, a DC-DC converter, etc., and impress the voltage of the size of dozens - hundreds V to a capacitor 3. The applied voltage to a capacitor 3 is positive pressure. A capacitor 3 is each electrostatic capacity of the piezo actuators 11-14 whose things which do not almost have the temperature dependence of electrostatic capacity, for example, a film capacitor, are [in / a service-temperature region / it is desirable and] $C1$ and a capacitive load about capacitor capacity $C2$ It carries out and is $C1 \leq C2$. What was set up so that it might become is used.

[0031] While the diode 6 for negative pressure prevention mentioned later in parallel is connected to a capacitor 3, the energization path changeover switch 4 which is charge path diode 54c and the discharge-starting switch by which parallel connection was carried out is connected in series. The diode 6 for negative pressure prevention is connected in the direction of a reverse bias to a capacitor 3, and charge path diode 54c is connected in the direction of forward bias to a capacitor 3.

[0032] Between DC power supply 21 and the capacitor 3, the accumulation-of-electricity coil 23 which are the accumulation-of-electricity control switch 22 and a current-limiting element is formed in series, and diode 24 is formed in the direction of a reverse bias at DC power supply 21. When the accumulation-of-electricity control switch 22 and the energization path changeover switch 4 are ON, electric power is supplied by the capacitor 3 through the accumulation-of-electricity coil 23 in the meantime from DC power supply 21. The overcurrent at the time of capacitor 3 electric supply is prevented by forming the accumulation-of-electricity coil 23, and degradation of accumulation-of-electricity control switch 22 grade is prevented.

[0033] Between the positive-electrode side edge child of a capacitor 3, and the positive-electrode side edge child of each piezo actuators 11-14, charge switch 52c by which parallel connection was carried out, electric discharge path diode 54d, and the coil 51 which is a current-limiting element are connected in series. The switches 531c, 532c, 533c, and 534c for selection and the electric discharge path diodes 551d, 552d, 553d, and 554d with which parallel connection of the negative-electrode side edge child of the piezo actuators 11-14 was carried out, respectively are connected. The switches 531c-534c for selection and the electric discharge path diodes 551d-554d are formed every piezo actuator 11-14.

[0034] If the switches 531c-534c for selection connected with the piezo actuators 11-14 which it is going to elongate at the time of charge are turned on Charging-circuit 5c is formed by charge path diode 54c, a capacitor 3, charge switch 52c, the coil 51, the selected piezo actuators 11-14, and the switches 531c-534c for selection switched on. The piezo actuators 11-14 chosen from the capacitor 3 charge, and the piezo actuators 11-14 develop.

[0035] On the other hand, if the energization path changeover switch 4 is turned on, 5d of electric discharge circuits will be formed by electric discharge path diode [corresponding to the piezo actuators 11-14 in an extension state]d-554d, piezo actuator 11-14, coil 51, and electric discharge path diode 54d, the capacitor 3, and the switch 4 for an energization path change, a charge will be discharged from the piezo actuators 11-14 of an extension state, and the piezo actuators 11-14 will be reduced.

[0036] Moreover, a node (a coil 51 and electric discharge path diode 54d) is grounded through the switch 7 for residual charge electric discharge, and a closed circuit is formed by 551d-554d corresponding to the piezo actuators 11-14 with which the charge later mentioned at the time of ON of the switch 7 for residual charge electric discharge remains, the piezo actuators 11-14, the coil 51, and the switch 7 for residual charge electric discharge.

[0037] On-off control of each above-mentioned switches 22-7 is carried out by control sections, such as a microcomputer which is not illustrated.

[0038] The operation of this piezo actuator drive circuit is explained. Drawing 2 is a timing diagram which shows operating states, such as each part of a drive circuit. Before expanding the piezo actuators 11-14, it stores electricity a capacitor 3 beforehand. The energization path changeover switch 4 is turned on first. The pressure-lowering chopper circuit which consists of DC power supply 21, the accumulation-of-electricity control switch 22, the accumulation-of-electricity control coil 23, a capacitor 3, and an energization path changeover switch 4 is closed by this, and, subsequently the voltage of a capacitor 3 rises by repeating and switching the accumulation-of-electricity control switch 22. Switching operation will be stopped if the voltage of a capacitor 3 reaches the predetermined value V1 (restored to the state of switch-off). Thereby, a capacitor 3 stores electricity the charge of the specified quantity.

[0039] If it becomes the timing which elongates the piezo actuators 11-14, selecting-switch 531c corresponding to the piezo actuators 11-14 (this is hereafter explained as a piezo actuator 11) which it is going to elongate is turned on, and, subsequently charge switch 52c is turned on. Thereby, charging-circuit 5c which consists of charge path capacitor 54c, a capacitor 3, a coil 51, a piezo actuator 11, and selecting-switch 531c is closed. charging-circuit 5c -- LC resonance circuit -- it is -- this time -- $C1 \leq C2$ it is -- since -- the maximum of the amount of charges of the piezo actuator 11 can be given to the amount of initial charges of a capacitor (the above-mentioned amount of accumulation of electricity) by resonance operation And by a negative pressure prevention operation of the negative pressure prevention diode 6 and reverse current prevention operation of charge path diode 54c, the charge defluxion from a capacitor 3 stops, when the amount of charges of a capacitor 3 is 0. A deer is carried out, and all of electrical energy $C1 V1^2 / 2$ accumulated at the capacitor 3 will move to the piezo actuator 11, and will stop in the state.

[0040] The piezo actuator 11 is elongated with movement of a charge to the piezo actuator 11, and if all of electrical energy $C1 V1^2 / 2$ accumulated like the above at the capacitor 3 move to the piezo actuator 11, since movement of a charge stops like the above, the piezo actuator 11 will hold an extension state. Subsequently, Switches 52c and 531c are turned off.

[0041] If it becomes the timing which reduces the piezo actuator 11, the energization path changeover switch 4 is again turned on so that it may be shown in the second half of a timing diagram. Thereby, 5d of electric discharge circuits which consist of diode 551d, piezo actuator 11, coil 51, and electric discharge path diode 54d, a capacitor 3, and an energization path changeover switch 4 is closed. Since

no less than 5d of electric discharge circuits turns into LC resonance circuit, the piezo actuator 11 discharges by resonance operation of 5d of electric discharge circuits, and the charges of the piezo actuator 11 are collected by the capacitor 3. Also in this case, only the current of the charge recovery direction where current of the 5d of the above-mentioned electric discharge circuits is specified by the electric discharge path diodes 551d and 54d is permitted, and movement of a charge stops after fixed time. Since it is avoided that the piezo actuator 11 charges again and develops by this, Kaisei of selecting-switch 531c etc. does not need to open 5d of charging circuits, and it is not necessary to forbid the recharge of the piezo actuator 11, and there are few control burdens and they end.

[0042] $C1 \leq C2$ [in addition,] it is -- since -- the time of charge -- differing -- the piezo actuator 11 -- a charge -- $C1$ and $C2$ It responds, and although it remains, if the residual charge electric discharge switch 7 is turned on, the above-mentioned closing circuit which consists of electric discharge path diode 551d, a piezo actuator 11, a coil 51, and a switch 7 for residual charge electric discharge will be formed, and the electrical energy of a residual charge will be transformed into the electromagnetic energy of Subsequently, if the switch 7 for residual charge electric discharge is turned off, and the electromagnetic energy accumulated at the coil 51 will be momentarily collected by the capacitor 3 and will remove a lost part in very few coil 51 grades, the electrical energy supplied to the piezo actuator 11 is altogether recoverable to a capacitor 3 efficiently.

[0043] Thus, in this piezo actuator drive circuit, a capacitor 3 is intercepted with DC power supply 21 after the completion of accumulation of electricity, and charge and electric discharge can be performed at a stretch, without being based on the switching operation of a switch by charging-circuit 5c which is LC resonance circuit containing a capacitor 3, a coil 51, and the piezo actuator 11, and 5d of electric discharge circuits. And the charge collected to the capacitor 3 can be reused as energy when expanding the piezo actuators 12, 13, and 14 next time, and power consumption can be saved.

[0044] In the extension of the piezo actuators 12-14 which carries out a deer and is performed continuously, already, since the collected electrical energy is accumulated, charge of only the insufficiency (part which does not reach the capacitor voltage predetermined value $V1$) of the charge of a capacitor 3 is sufficient for switching of the accumulation-of-electricity control switch 22, and charge of a capacitor 3 is promptly completed to it. [3] Extension and reduction of the piezo actuators 12-14 are performed like the timing diagram first portion after completion.

[0045] (The 2nd operation gestalt) The composition of the piezo actuator drive circuit which becomes the 2nd operation gestalt of this invention at drawing 3 is shown. It is what prepared the coil separately in the composition of the 1st operation gestalt shown in drawing 1 in the charging circuit and the electric discharge circuit, and among drawing, since the portion which attached the same number as drawing 1 carries out the same operation to the 1st operation gestalt substantially, it is explained focusing on difference.

[0046] If the selecting switches 531c-534c corresponding to the selected piezo actuators 11-14 which it is going to elongate are turned on, charging-circuit 5Ac will be formed of a capacitor 3, charge path diode 54c, charge switch 52c, charging-current-armature 56c, the selected piezo actuator 11, and selecting switches 531c-534c. Charging-circuit 5Ac turns into substantially charging-circuit 5c of the 1st operation gestalt with equivalent LC resonance circuit.

[0047] On the other hand, ON of electric discharge switch 52d forms electric discharge circuit 5Ad which discharges the charge of the piezo actuators 11-14 of an extension state by electric discharge path diode [corresponding to the piezo actuators 11-14 of an extension state] d [551]-554d, above-mentioned piezo actuator 11-14, 56d [of discharge coils], and electric discharge switch 52d, electric discharge path diode 54d, and the capacitor 3. Electric discharge circuit 5Ad serves as substantially 5d of electric discharge circuits of the 1st operation gestalt with equivalent LC resonance circuit.

[0048] It will be the timing diagram which shows the operation of this piezo actuator drive circuit, and the charge of the specified quantity is accumulated by switching of the accumulation-of-electricity control switch 22 at a capacitor 3, if drawing 4 turns on selecting-switch 531c and charge switch 52c corresponding to the piezo actuators 11-14 (it explains as a piezo actuator 11 hereafter) which it is going to elongate, charging-circuit 5Ac will be closed and it will be charged by the above-mentioned piezo actuator 11, so that it may be shown in the first half of a timing diagram

[0049] On the other hand, if electric discharge switch 52d is turned on so that it may be shown in the

second half of a timing diagram, electric discharge circuit 5Ad is closed, and the piezo actuator 11 will discharge and will be collected by the capacitor 3.

[0050] Here, since charging-current-armature 56c and 56d of discharge coils are current-limiting elements, they specify charge speed and electric discharge speed according to the inductance, respectively. Therefore, with this operation gestalt, charge speed and electric discharge speed can be set up independently.

[0051] In addition, recovery of the residual charge of the piezo actuator 11 is performed like the 1st operation gestalt by turning on and off the residual charge electric discharge switch 7.

[0052] (The 3rd operation gestalt) The composition of the piezo actuator drive circuit which becomes the 3rd operation gestalt of this invention at drawing 5 is shown. It is what considered the charging circuit and the electric discharge circuit as another composition in the composition of the 1st operation gestalt shown in drawing 1, and among drawing, since the portion which attached the same number as drawing 1 carries out the same operation to the 1st operation gestalt substantially, it is explained focusing on difference.

[0053] Charging-circuit 5Bc which charges the piezo actuators 11-14 forms equivalent LC resonance circuit substantially with charging-circuit 5c of the 1st and the 2nd operation gestalt, and 5Ac by a capacitor 3, the secondary coil 572 of the transformer 57 mentioned later, charge path diode 54c, charge switch 52c, the selected piezo actuators 11-14, and selecting switches 531c-534c.

[0054] The electric discharge path diodes 551d-554d corresponding to the piezo actuators 11-14 of an extension state in electric discharge circuit 5Bd, The upstream circuit closed by piezo actuator 11-14, upstream coil [of a transformer 57] 571, and electric discharge switch 58d, Electric discharge path diode 59d which specifies the direction of current at the time of electric discharge of the piezo actuators 11-14 in a row, the above-mentioned transformer upstream coil 571 and electromagnetism -- it is constituted by the secondary circuit closed by the above-mentioned transformer secondary coil 572 and capacitor 3 which are combined-like, and LC resonance circuit is formed.

[0055] It will be the timing diagram which shows the operation of this piezo actuator drive circuit, the charge of the specified quantity is accumulated by switching of the accumulation-of-electricity control switch 22 at a capacitor 3, if drawing 6 turns on selecting-switch 531c and charge switch 52c corresponding to the piezo actuators 11-14 (it explains as a piezo actuator 11 hereafter) which it is going to elongate, charging-circuit 5Bc will be closed and it will be charged by the above-mentioned piezo actuator 11.

[0056] On the other hand, if electric discharge switch 58d is turned on, the above-mentioned upstream circuit of electric discharge circuit 5Bd will be closed, current will flow in the transformer upstream coil 571, and current will flow in the above-mentioned secondary circuit by the induced voltage generated in the transformer secondary coil 572 by guidance operation. A deer is carried out, and the piezo actuator 11 discharges and are collected by the capacitor 3.

[0057] Each above-mentioned operation gestalt with in addition, the negative pressure prevention diode connected in parallel with a capacitor and the charge path diode connected in series in the charging circuit Although all the energy that the charging circuit stopped and was held like the above at the capacitor serves as energy control, such as moving to a piezo actuator, when capacitor voltage is set to 0 When the detection system of capacitor voltage is used and capacitor voltage is set to 0V, it is good also as composition which turns off a charge switch, and it becomes ***** control in this case.

[0058] Moreover, it is also good to set each above-mentioned switch to a bipolar transistor or FET, and to consider as the composition to which controls a base current and a gate voltage and current limiting is applied.

[0059] In addition, although this operation gestalt showed what was applied to the common rail formula fuel injection equipment, this invention is applicable to other uses which use a piezo actuator.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-157472

(P2001-157472A)

(43)公開日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(51)IntCl. ⁷	識別記号	F I	テームコード*(参考)
H 0 2 N 2/00		H 0 2 N 2/00	B 3 G 0 6 6
F 0 2 M 51/00		F 0 2 M 51/00	E 3 H 0 7 5
51/06		51/06	N
			M
H 0 1 L 41/09		F 0 4 B 9/00	B
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願平11-333940

(22)出願日 平成11年11月25日(1999.11.25)

(71)出願人 000004695

株式会社日本自動車部品総合研究所
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 森次 通泰

愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会
社日本自動車部品総合研究所内

(74)代理人 100067596

弁理士 伊藤 求馬

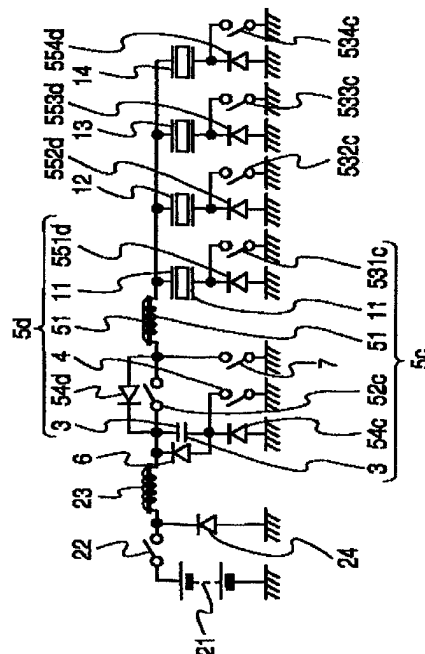
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ピエゾアクチュエータ駆動回路

(57)【要約】

【課題】 ピエゾアクチュエータの充電や放電を、回路の線路に設けられたスイッチのスイッチング作動によることなく行い得るようにすることである。

【解決手段】 スイッチ22, 4により直流電源21と断接可能なコンデンサ3を設けてピエゾアクチュエータ充電用の所定量の電荷をコンデンサ3に蓄電し、ピエゾアクチュエータ充電時には充電スイッチ52c, 531cをオンして、コンデンサ3、インダクタ51およびピエゾアクチュエータ11が直列に接続された共振回路である充電回路5cを閉成して共振作用によりピエゾアクチュエータ11を充電する。ピエゾアクチュエータ放電時には放電スイッチ4をオンして、ピエゾアクチュエータ11、インダクタ51およびコンデンサ3が直列に接続された共振回路である放電回路5dを閉成してコンデンサ3に電荷を回収する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ピエゾアクチュエータの充電と放電とを切り替え制御するピエゾアクチュエータ駆動回路において、直流電源により蓄電するコンデンサと、上記ピエゾアクチュエータの充電に先立ち直流電源とコンデンサとの間を接続してコンデンサをピエゾアクチュエータ充電用に蓄電せしめるとともに蓄電完了後に直流電源とコンデンサとの間を遮断する蓄電制御スイッチと、コンデンサとピエゾアクチュエータとの間に介設されたインダクタを有しコンデンサ、インダクタおよびピエゾアクチュエータが直列に接続されたLC共振回路を形成する充電回路と、コンデンサとピエゾアクチュエータとの間に介設されたインダクタを有しコンデンサ、インダクタおよびピエゾアクチュエータが直列に接続されたLC共振回路を形成する放電回路と、上記充電回路の線路に設けられ上記充電回路の閉成と開成とを切り替える充電スイッチと、上記放電回路の線路に設けられ上記放電回路の閉成と開成とを切り替える放電スイッチとを具備せしめたことを特徴とするピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項2】 請求項1記載のピエゾアクチュエータ駆動回路において、上記コンデンサの静電容量を上記ピエゾアクチュエータの静電容量よりも小さく設定したピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項3】 請求項2記載のピエゾアクチュエータ駆動回路において、上記コンデンサの電荷量が0になると上記ピエゾアクチュエータの充電を停止せしめる充電停止手段を具備せしめたピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項4】 請求項3記載のピエゾアクチュエータ駆動回路において、上記充電停止手段を、上記コンデンサに逆並列に接続され上記コンデンサの負電圧を禁止する第1のダイオードと、上記充電回路の線路上に上記ピエゾアクチュエータの充電電流が順方向となるように設けられた第2のダイオードとで構成したピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項5】 請求項1ないし4いずれか記載のピエゾアクチュエータ駆動回路において、上記放電回路の線路上に上記ピエゾアクチュエータの放電電流が順方向となるようにダイオードを設けたピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項6】 請求項1ないし5いずれか記載のピエゾアクチュエータ駆動回路において、上記充電回路を形成する上記インダクタと放電回路を形成する上記インダクタとが共通の構成としたピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項7】 請求項1ないし5いずれか記載のピエゾアクチュエータ駆動回路において、上記充電回路を形成する上記インダクタと放電回路を形成する上記インダクタとが別体の構成としたピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項8】 請求項6または7いずれか記載のピエゾ

アクチュエータ駆動回路において、上記コンデンサの静電容量を上記ピエゾアクチュエータの静電容量よりも小さく設定し、かつ、上記ピエゾアクチュエータと上記インダクタとを通り上記コンデンサを迂回する回路の閉成と開成とを切り替える残存電荷放電スイッチを具備せしめたピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項9】 請求項1ないし5いずれか記載のピエゾアクチュエータ駆動回路において、上記放電回路を形成する上記インダクタは、上記充電回路を構成するインダクタを二次側コイルとするトランスで構成したピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項10】 請求項1ないし9いずれか記載のピエゾアクチュエータ駆動回路において、上記直流電源と上記コンデンサとの間にコンデンサに直列に電流制限素子を設けたピエゾアクチュエータ駆動回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はピエゾアクチュエータ駆動回路に関する。

【0002】

【従来の技術】ピエゾアクチュエータは圧電体の積層体が圧電効果により伸縮するアクチュエータで、例えば、ディーゼルエンジンのコモンレール式燃料噴射装置における燃料噴射用インジェクタの開弁と閉弁との切り替え用としてインジェクタ内に配設されている。ピエゾアクチュエータは容量性の負荷であり、その充電と放電とで伸長状態と縮小状態とが切り替えられる。

【0003】図7はピエゾアクチュエータの駆動回路の一例を示すもので、ピエゾアクチュエータ901は、充電スイッチ904をオンすると直流電源902から電流制限素子903を介してピエゾアクチュエータ901に充電されて伸長し、充電スイッチ904をオフすると伸長状態を保持する。一方、その状態から放電スイッチ905をオンするとピエゾアクチュエータ901は放電し縮小する。

【0004】特開平10-308542号公報には、ピエゾアクチュエータ901の電荷を回収して次の充電に供するようにしたものが記載されている。図8はこの回路の構成を示す。この回路では、直流電源902の後段にバッファコンデンサ906が設けられ、充電スイッチ904、放電スイッチ905にはそれぞれ並列にダイオード907、908が接続されている。ダイオード907、908はコンデンサ902電圧に対して逆バイアス方向に接続される。また、電流制限素子909はインダクタであるコイルで構成されている。

【0005】ピエゾアクチュエータ901の充電は充電スイッチ904をパルス状にオンオフを繰り返す。オン時にコイル909に蓄積した電磁エネルギーにより、オフ時にコイル909、ピエゾアクチュエータ901、ダイオード907により形成される回路によりピエゾアク

チュエータ901が充電され、ピエゾアクチュエータ901電圧が上昇する。

【0006】一方、ピエゾアクチュエータ901の放電は充電時とは逆に放電スイッチ905をパルス状にオンオフを繰り返す。オン時にピエゾアクチュエータ901、コイル909および放電スイッチ905で閉成される回路により、ピエゾアクチュエータ901に保持されたエネルギーがコイル909の電磁エネルギーに変換され、オフ時に、ピエゾアクチュエータ901、コイル909およびダイオード908により形成される回路によりバッファコンデンサ906に回収される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特開平10-308542号公報記載の回路では、ピエゾアクチュエータの充放電時に充電スイッチや放電スイッチをスイッチング作動可能に構成する必要があり、スイッチ制御用の回路が複雑化する。またスイッチングロスがあるので回収効率は必ずしもよくない。

【0008】本発明は上記実情に鑑みなされたもので、ピエゾアクチュエータの充放電時にスイッチのスイッチング作動が不要で、しかも回収効率のよいピエゾアクチュエータ駆動回路を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明では、ピエゾアクチュエータ駆動回路に、直流電源により蓄電するコンデンサと、上記ピエゾアクチュエータの充電に先立ち直流電源とコンデンサとの間を接続してコンデンサをピエゾアクチュエータ充電用に蓄電せしめるとともに蓄電完了後に直流電源とコンデンサとの間を遮断する蓄電制御スイッチと、コンデンサとピエゾアクチュエータとの間に介設されたインダクタを有しコンデンサ、インダクタおよびピエゾアクチュエータが直列に接続されたLC共振回路を形成する充電回路と、コンデンサとピエゾアクチュエータとの間に介設されたインダクタを有しコンデンサ、インダクタおよびピエゾアクチュエータが直列に接続されたLC共振回路を形成する放電回路と、上記充電回路の線路に設けられ上記充電回路の閉成と開成とを切り替える充電スイッチと、上記放電回路の線路に設けられ上記放電回路の閉成と開成とを切り替える放電スイッチとを具備せしめる。

【0010】ピエゾアクチュエータの充電中および放電中は直流電源とコンデンサとの間が遮断され、充電時には充電回路が閉成され、放電時には放電回路が閉成される。ここで充電回路、放電回路はコンデンサとピエゾアクチュエータとを含んだLC共振回路を形成するので、充電スイッチ、放電スイッチをスイッチングすることなく効率よく一気にピエゾアクチュエータの充電、放電を行うことができる。

【0011】請求項2記載の発明では、上記コンデンサの静電容量を上記ピエゾアクチュエータの静電容量より

も小さく設定する。

【0012】かかる設定とすることで、充電回路における共振振動が自由に行い得るものとする、コンデンサは負電圧をとり得る。したがって、コンデンサの全蓄電量をピエゾアクチュエータに移動せしめることができる。

【0013】請求項3記載の発明では、請求項2の発明の構成において、上記コンデンサの電荷量が0になると上記ピエゾアクチュエータの充電を停止せしめる充電停止手段を具備せしめる。

【0014】コンデンサの電荷量が0になるとピエゾアクチュエータの充電が停止するので、ピエゾアクチュエータの充電量の制御を、上記直流電源によるコンデンサの蓄電量を設定することで容易に行い得る。例えばコンデンサ電圧により正確に制御することができる。

【0015】請求項4記載の発明では、請求項3の発明の構成において、上記充電停止手段を、上記コンデンサに逆並列に接続され上記コンデンサの負電圧を禁止する第1のダイオードと、上記充電回路の線路上に上記ピエゾアクチュエータの充電電流が順方向となるように設けられた第2のダイオードとで構成する。

【0016】ピエゾアクチュエータの充電時において、第1のダイオードによりコンデンサ電圧の負圧が防止され、第2のダイオードによりピエゾアクチュエータからコンデンサへ逆流する電流が禁止されるから、コンデンサ電圧が0になった時点で、すなわちコンデンサが空になると自動的にピエゾアクチュエータの充電が停止しその状態が保持される。

【0017】請求項5記載の発明では、請求項1ないし4の発明の構成において、上記放電回路の線路上に上記ピエゾアクチュエータの放電電流が順方向となるようにダイオードを設ける。

【0018】ピエゾアクチュエータの放電時において、ダイオードによりコンデンサからピエゾアクチュエータへ逆流する電流が禁止されるから、ピエゾアクチュエータが再び充電し伸長することを、放電スイッチの開成作動によることなく回避することができる。

【0019】請求項6記載の発明では、請求項1ないし5の発明の構成において、上記充電回路を形成する上記インダクタと放電回路を形成する上記インダクタとが共通の構成とする。

【0020】インダクタを共通とすることで部品数を低減することができる。

【0021】請求項7記載の発明では、請求項1ないし5の発明の構成において、上記充電回路を形成する上記インダクタと放電回路を形成する上記インダクタとが別体の構成とする。

【0022】インダクタのインダクタンスは充電回路、放電回路における充電電流、放電電流の大きさを規定するので、充電速度、放電速度を独立に設定することがで

きる。

【0023】請求項8記載の発明では、請求項6または7の発明の構成において、上記コンデンサの静電容量を上記ピエゾアクチュエータの静電容量よりも小さく設定する。かつ、上記ピエゾアクチュエータと上記インダクタとを通り上記コンデンサを迂回する回路の閉成と開成とを切り替える残存電荷放電スイッチを具備せしめる。

【0024】コンデンサおよびピエゾアクチュエータの静電容量を上記のごとく設定してコンデンサの全蓄電量をピエゾアクチュエータに移動可能となる。そして、ピエゾアクチュエータ放電時にピエゾアクチュエータに残存する電荷が、上記コンデンサを迂回する回路を閉成することで放電回路のインダクタに移動し、次いで開成すると瞬時にコンデンサに回収され、さらに回収効率を高めることができる。

【0025】請求項9記載の発明では、請求項1ないし5の発明の構成において、上記放電回路を形成する上記インダクタは、上記充電回路を構成するインダクタを二次側コイルとするトランスで構成する。

【0026】放電時には、コンデンサとピエゾアクチュエータとがトランスを介して結合するので、ピエゾアクチュエータに残存電荷が生じることなくコンデンサへの回収が行い得る。

【0027】請求項10記載の発明では、請求項1ないし9の発明の構成において、上記直流電源と上記コンデンサとの間にコンデンサに直列に電流制限素子を設ける。

【0028】コンデンサにピエゾアクチュエータ駆動用の蓄電を行う際に直流電源からコンデンサへの電流が制限されるので、蓄電制御用スイッチ等の劣化を防止することができる。

【0029】

【発明の実施の形態】(第1実施形態)図1に本発明のピエゾアクチュエータ駆動回路の構成を示す。本ピエゾアクチュエータ駆動回路は4つのピエゾアクチュエータ11, 12, 13, 14を駆動するもので、例えば4気筒ディーゼルエンジンの上記コモンレール式燃料噴射装置に用いたものを示している。

【0030】本ピエゾアクチュエータ駆動回路は、ピエゾアクチュエータ11~14駆動用の電気エネルギーを保持するコンデンサ3、コンデンサ3に給電する直流電源21等を備えている。直流電源21はバッテリーやDC-DCコンバータ等からなり、数十~数百Vの大きさの電圧をコンデンサ3に印加する。コンデンサ3への印加電圧は正圧である。コンデンサ3は静電容量の温度依存性の殆どないもの、例えばフィルムコンデンサが望ましく、使用温度域においてコンデンサ容量をC1、容量性負荷であるピエゾアクチュエータ11~14の各静電容量をC2として $C1 \leq C2$ となるように設定したものを使用する。

【0031】コンデンサ3には並列に後述する負圧防止用ダイオード6が接続されるとともに、直列に、並列接続された充電経路ダイオード54cと放電開始スイッチである通電経路切り替えスイッチ4とが接続してある。負圧防止用ダイオード6はコンデンサ3に対して逆バイアス方向に接続され、充電経路ダイオード54cはコンデンサ3に対して順バイアス方向に接続される。

【0032】直流電源21とコンデンサ3との間には蓄電制御スイッチ22および電流制限素子である蓄電コイル23が直列に設けてあり、直流電源21に逆バイアス方向にダイオード24が設けてある。蓄電制御スイッチ22と通電経路切り替えスイッチ4とがオンのとき、その間、直流電源21から蓄電コイル23を介してコンデンサ3に給電される。蓄電コイル23を設けることでコンデンサ3給電時の過電流を防止し蓄電制御スイッチ22等の劣化を防止するようになっている。

【0033】コンデンサ3の正極側端子と各ピエゾアクチュエータ11~14の正極側端子との間には、直列に、並列接続された充電スイッチ52c、放電経路ダイオード54dと、電流制限素子であるコイル51とが接続してある。ピエゾアクチュエータ11~14の負極側端子は、それぞれ、並列接続された選択用スイッチ531c, 532c, 533c, 534c、放電経路ダイオード551d, 552d, 553d, 554dが接続してある。選択用スイッチ531c~534c、放電経路ダイオード551d~554dは各ピエゾアクチュエータ11~14ごとに設けられる。

【0034】充電時には伸長しようとするピエゾアクチュエータ11~14と接続された選択用スイッチ531c~534cをオンすると、充電経路ダイオード54c、コンデンサ3、充電スイッチ52c、コイル51、選択されたピエゾアクチュエータ11~14およびオンした選択用スイッチ531c~534cにより充電回路5cが形成され、コンデンサ3から選択されたピエゾアクチュエータ11~14に充電されそのピエゾアクチュエータ11~14が伸長する。

【0035】一方、通電経路切り替えスイッチ4をオンすると、伸長状態にあるピエゾアクチュエータ11~14に対応する放電経路ダイオード551d~554d、ピエゾアクチュエータ11~14、コイル51、放電経路ダイオード54d、コンデンサ3および通電経路切り替え用スイッチ4により放電回路5dが形成され、伸長状態のピエゾアクチュエータ11~14から電荷を放電しピエゾアクチュエータ11~14を縮小する。

【0036】また、コイル51と放電経路ダイオード54dとの接続点は残存電荷放電用スイッチ7を介して接地され、残存電荷放電用スイッチ7のオン時に、後述する電荷が残存しているピエゾアクチュエータ11~14に対応する551d~554d、ピエゾアクチュエータ11~14、コイル51および残存電荷放電用スイッチ

7により閉回路が形成される。

【0037】上記各スイッチ22～7は、図示しないマイクロコンピュータ等の制御部によりオンオフ制御されるようになっている。

【0038】本ビエゾアクチュエータ駆動回路の作動を説明する。図2は駆動回路の各部等の作動状態を示すタイムチャートである。コンデンサ3はビエゾアクチュエータ11～14を伸長させる前に予め蓄電される。まず通電経路切り替えスイッチ4をオンする。これにより、直流電源21、蓄電制御スイッチ22、蓄電制御コイル23、コンデンサ3および通電経路切り替えスイッチ4よりなる降圧チョッパ回路が閉成され、次いで、蓄電制御スイッチ22を繰り返しスイッチングすることによりコンデンサ3の電圧が上昇していく。コンデンサ3の電圧が所定値V1に達したらスイッチング動作を停止する（スイッチオフの状態に復する）。これによりコンデンサ3に所定量の電荷が蓄電される。

【0039】ビエゾアクチュエータ11～14を伸長するタイミングになると、伸長しようとするビエゾアクチュエータ11～14（以下、これをビエゾアクチュエータ11として説明する）に対応する選択スイッチ531cをオンし、次いで充電スイッチ52cをオンする。これにより、充電経路コンデンサ54c、コンデンサ3、コイル51、ビエゾアクチュエータ11および選択スイッチ531cよりなる充電回路5cが閉成される。充電回路5cはLC共振回路であり、この時、 $C1 \leq C2$ なので、共振作用によりビエゾアクチュエータ11の電荷量の最大値はコンデンサの初期電荷量（上記蓄電量）に達することができる。そして、負圧防止ダイオード6の負圧防止作用および充電経路ダイオード54cの逆方向電流防止作用により、コンデンサ3からの電荷流出が、コンデンサ3の電荷量が0の時停止する。しかして、コンデンサ3に蓄積されていた電気エネルギー $C1 V1^2 / 2$ のすべてがビエゾアクチュエータ11に移動しその状態で停止することになる。

【0040】ビエゾアクチュエータ11への電荷の移動に伴いビエゾアクチュエータ11は伸長し、上記のごとくコンデンサ3に蓄積されていた電気エネルギー $C1 V1^2 / 2$ のすべてがビエゾアクチュエータ11に移動すると、ビエゾアクチュエータ11は上記のごとく電荷の移動が停止するので伸長状態を保持する。次いで、スイッチ52c、531cをオフする。

【0041】ビエゾアクチュエータ11を縮小するタイミングになると、タイムチャート後半に示すように、通電経路切り替えスイッチ4を再びオンする。これにより、ダイオード551d、ビエゾアクチュエータ11、コイル51、放電経路ダイオード54d、コンデンサ3、通電経路切り替えスイッチ4からなる放電回路5dが閉成される。放電回路5dもまたLC共振回路となるから、放電回路5dの共振作用によりビエゾアクチュエ

ータ11が放電し、ビエゾアクチュエータ11の電荷がコンデンサ3に回収される。この場合も上記放電回路5dの電流は、放電経路ダイオード551d、54dにより規定される電荷回収方向の電流のみが許容され、一定時間の後、電荷の移動は停止する。これによりビエゾアクチュエータ11が再び充電して伸長することが回避されるので、選択スイッチ531cの開成等により充電回路5dを開いてビエゾアクチュエータ11の再充電を禁止する必要がなく、制御負担が少なくて済む。

【0042】なお、 $C1 \leq C2$ なので、充電時と異なりビエゾアクチュエータ11には電荷が $C1$ 、 $C2$ に応じて残存するが、残存電荷放電スイッチ7をオンすると放電経路ダイオード551d、ビエゾアクチュエータ11、コイル51および残存電荷放電用スイッチ7で構成される上記閉成回路が形成されて残存電荷の電気エネルギーがコイル51の電磁エネルギーに変換される。次いで、残存電荷放電用スイッチ7をオフすると、コイル51に蓄積された電磁エネルギーが瞬間的にコンデンサ3に回収され、ごく僅かなコイル51等における損失分を除けばビエゾアクチュエータ11に供給された電気エネルギーを効率よくすべてコンデンサ3に回収することができる。

【0043】このように、本ビエゾアクチュエータ駆動回路では、コンデンサ3が蓄電完了後、直流電源21と遮断され、コンデンサ3、コイル51、ビエゾアクチュエータ11を含むLC共振回路である充電回路5c、放電回路5dによりスイッチのスイッチング作用によることなく一気に充電、放電を行い得る。そして、コンデンサ3に回収した電荷を次回、ビエゾアクチュエータ12、13、14を伸長させる時のエネルギーとして再利用することができ、消費電力を節約することができる。

【0044】しかして、続いて行われるビエゾアクチュエータ12～14の伸長では、既にコンデンサ3に、回収された電気エネルギーが蓄積されているので、蓄電制御スイッチ22のスイッチングは、コンデンサ3の充電量の不足分（コンデンサ電圧所定値V1に達しない分）のみの充電で足り、速やかにコンデンサ3の充電は完了する。完了後は、タイムチャート前半部と同様にビエゾアクチュエータ12～14の伸長と縮小とが行われる。

【0045】（第2実施形態）図3に本発明の第2実施形態になるビエゾアクチュエータ駆動回路の構成を示す。図1に示した第1実施形態の構成において充電回路と放電回路とでコイルを別々に設けたもので、図中、図1と同じ番号を付した部分は第1実施形態と実質的に同じ作動をするので相違点を中心に説明する。

【0046】選択された伸長しようとするビエゾアクチュエータ11～14に対応する選択スイッチ531c～534cをオンすると、コンデンサ3、充電経路ダイオード54c、充電スイッチ52c、充電コイル56c、選択されたビエゾアクチュエータ11および選択スイッ

10

20

30

40

50

チ531c~534cにより充電回路5Acが形成される。充電回路5Acは第1実施形態の充電回路5cと実質的に同等のLC共振回路となる。

【0047】一方、放電スイッチ52dをオンすると、伸長状態のピエゾアクチュエータ11~14に対応する放電経路ダイオード551d~554d、上記ピエゾアクチュエータ11~14、放電コイル56d、放電スイッチ52d、放電経路ダイオード54d、コンデンサ3により、伸長状態のピエゾアクチュエータ11~14の電荷を放電する放電回路5Adが形成される。放電回路5Adは第1実施形態の放電回路5dと実質的に同等のLC共振回路となる。

【0048】図4は本ピエゾアクチュエータ駆動回路の作動を示すタイムチャートで、タイムチャート前半に示すように、蓄電制御スイッチ22のスイッチングによりコンデンサ3に所定量の電荷が蓄積され、伸長しようとするピエゾアクチュエータ11~14（以下、ピエゾアクチュエータ11として説明する）に対応する選択スイッチ531cおよび充電スイッチ52cをオンすると、充電回路5Acが閉成されて上記ピエゾアクチュエータ11に充電される。

【0049】一方、タイムチャート後半に示すように、放電スイッチ52dをオンすると放電回路5Adが閉成されてピエゾアクチュエータ11は放電しコンデンサ3に回収される。

【0050】ここで、充電コイル56c、放電コイル56dは電流制限素子であるから、そのインダクタンスに応じてそれぞれ充電速度および放電速度を規定する。したがって、本実施形態では充電速度と放電速度とを独立に設定することができる。

【0051】なお、ピエゾアクチュエータ11の残存電荷の回収は、第1実施形態と同様に、残存電荷放電スイッチ7をオンオフすることで行われる。

【0052】（第3実施形態）図5に本発明の第3実施形態になるピエゾアクチュエータ駆動回路の構成を示す。図1に示した第1実施形態の構成において充電回路と放電回路とを別の構成としたもので、図中、図1と同じ番号を付した部分は第1実施形態と実質的に同じ作動をするので相違点を中心に説明する。

【0053】ピエゾアクチュエータ11~14を充電する充電回路5Bcはコンデンサ3、後述するトランス57の二次側コイル572、充電経路ダイオード54c、充電スイッチ52c、選択されたピエゾアクチュエータ11~14および選択スイッチ531c~534cにより、第1、第2実施形態の充電回路5c、5Acと実質的に同等のLC共振回路を形成している。

【0054】放電回路5Bdは伸長状態のピエゾアクチュエータ11~14に対応する放電経路ダイオード551d~554d、そのピエゾアクチュエータ11~14、トランス57の一次側コイル571および放電スイ

ッチ58dで閉成される一次側回路、ならびにピエゾアクチュエータ11~14の放電時の電流方向を規定する放電経路ダイオード59d、上記トランス一次側コイル571と電磁的に結合する上記トランス二次側コイル572およびコンデンサ3で閉成される二次側回路により構成され、LC共振回路を形成している。

【0055】図6は本ピエゾアクチュエータ駆動回路の作動を示すタイムチャートで、蓄電制御スイッチ22のスイッチングによりコンデンサ3に所定量の電荷が蓄積され、伸長しようとするピエゾアクチュエータ11~14（以下、ピエゾアクチュエータ11として説明する）に対応する選択スイッチ531cおよび充電スイッチ52cをオンすると、充電回路5Bcが閉成されて上記ピエゾアクチュエータ11に充電される。

【0056】一方、放電スイッチ58dをオンすると放電回路5Bdの上記一次側回路が閉成されてトランス一次側コイル571に電流が流れ、誘導作用によりトランス二次側コイル572に発生する誘導電圧により上記二次側回路に電流が流れる。しかしてピエゾアクチュエータ11は放電しコンデンサ3に回収される。

【0057】なお、上記各実施形態は、コンデンサに並列に接続された負圧防止ダイオードと、充電回路において直列に接続された充電経路ダイオードとにより、コンデンサ電圧が0になった時点で充電回路が停止するようになっており、上記のごとくコンデンサに保持されたエネルギーがすべてピエゾアクチュエータに移動する、等エネルギー制御となっているが、コンデンサ電圧の検出系を利用し、コンデンサ電圧が0Vになったら充電スイッチをオフする構成としてもよく、この場合は等電荷量制御となる。

【0058】また、上記各スイッチはバイポーラトランジスタあるいはFET等とし、ベース電流、ゲート電圧を制御して電流制限をかける構成とするのもよい。

【0059】なお、本実施形態はコモンレール式燃料噴射装置に適用したものを示したが、本発明はピエゾアクチュエータを用いる他の用途にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態になるピエゾアクチュエータ駆動回路の回路図である。

【図2】上記ピエゾアクチュエータ駆動回路の作動を示すタイムチャートである。

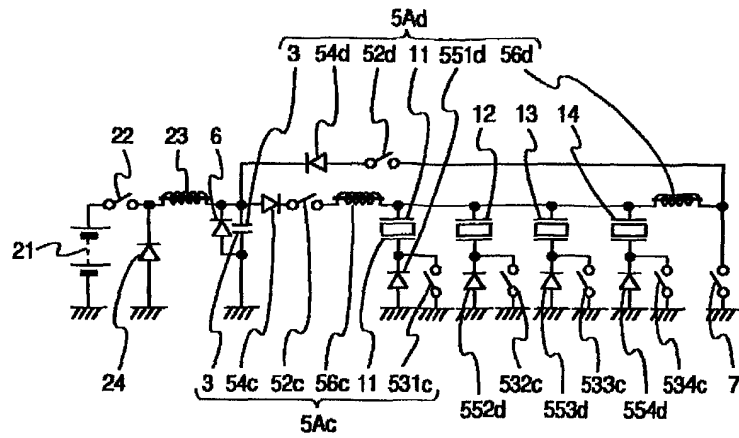
【図3】本発明の第2実施形態になるピエゾアクチュエータ駆動回路の回路図である。

【図4】上記ピエゾアクチュエータ駆動回路の作動を示すタイムチャートである。

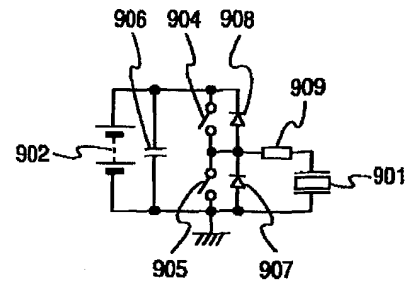
【図5】本発明の第3実施形態になるピエゾアクチュエータ駆動回路の回路図である。

【図6】上記ピエゾアクチュエータ駆動回路の作動を示すタイムチャートである。

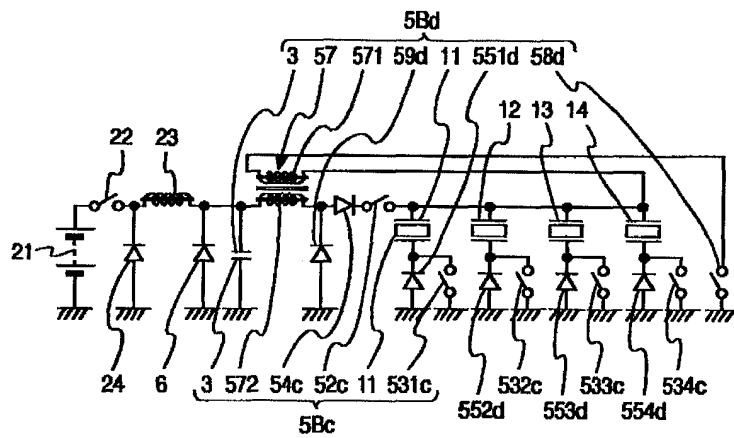
【図3】



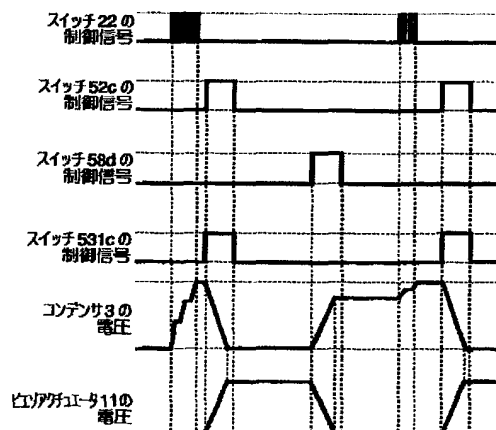
【図8】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

// F 0 4 B 9/00

F I

ターム(参考)

H 0 1 L 41/08

K

(72)発明者 深川 康弘

愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会
社日本自動車部品総合研究所内

(72)発明者 猪頭 敏彦

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

Fターム(参考) 3G066 AA07 AB02 AC09 AD12 BA00

CC05U CD26 CE27 CE29

3H075 AA03 CC25 DB02 EE12